PROYECTO DE NORMA SOBRE ENSAYOS, CONFIGURACION E INSTALACION DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS HASTA 500 Wp

“ESTUDIO DE NORMAS DE CALIDAD DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS”

PRIMER INFORME DE AVANCE

Ó Julio 2003

CONTENIDO

Introducción	**01**
1. Objetivo	**03**
2. Campo de aplicación	**03**
3. Definiciones	**03**
4. Evaluación de módulos fotovoltaicos	**04**
4.1 Requisitos mínimos de calidad para los módulos fotovoltaicos. Sugerencias	**04**
4.1.1 Criterios según norma Boliviana	**04**
4.1.2 Criterios según GTZ	**04**
4.1.3 Criterios según THERMIE-B	**05**
4.1.4 Criterios según Universidad de Madrid	**05**
5. Evaluación de la batería	**06**
5.1 Requisitos mínimos de calidad para la batería. Sugerencias	**06**
5.1.1 Criterios según norma Boliviana	**06**
5.1.2 Criterios según GTZ	**08**
5.1.3 Criterios según THERMIE-B	**11**
5.1.4 Criterios según Universidad de Madrid	**12**
6. Evaluación de los reguladores de carga	**13**
6.1 Requisitos mínimos de calidad para los reguladores de carga. Sugerencias	**13**
6.1.1 Criterios según norma Boliviana	**13**
6.1.2 Criterios según GTZ	**15**
6.1.2.1 Criterios Alternativos o Complementarios según GTZ	**20**
6.1.3 Criterios según THERMIE-B	**22**
6.1.4 Criterios según Universidad de Madrid	**24**

Introducción

El presente estudio se desarrolla en el marco de los términos de referencia estipulados para el "Estudio para la propuesta del proyecto de norma sobre ensayos, configuración e instalación de sistemas fotovoltaicos hasta 500 Wp" y ha sido estructurado en el formato establecido en dichos términos de referencia.

Para el presente estudio, se ha analizado la información contenida en los siguientes documentos:

- Norma Boliviana - Compendio de Normas Bolivianas sobre Sistemas Fotovoltaicos, Junio 1997.
- Universal Technical Standard for Solar Home Systems "THERMIE B: SUP-995-96", 1998.
- Quality Standards For Solar Home Systems And Rural Health Power Supply - Photovoltaic Systems in Developing Countries, Febrero 2000.
- Control de Calidad de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos, Junio 2001.

En el ámbito del primer informe de avance del estudio, se han extraído de dicha información los criterios relacionados con la calidad de sistemas fotovoltaicos para propósitos de contraste y extracción a un primer nivel de consistencia.

A continuación se destacan aspectos relevantes de aquellos documentos.

A. Norma Boliviana - Compendio de Normas Bolivianas sobre Sistemas Fotovoltaicos, Junio 1997.

Contiene propuestas acerca de normas para efectuar ensayos en condiciones reales para caracterización de módulos fotovoltaicos de 20 Wp a 200 Wp, ensayos para la medición de la capacidad y eficiencia de almacenamiento en acumuladores eléctricos plomo-ácido para usos fotovoltaicos, así como instalaciones de sistemas fotovoltaicos hasta de 300 Wp.

B. Universal Technical Standard for Solar Home Systems "THERMIE B: SUP-995-96", 1998.

Pretende servir de base a una Norma Técnica de carácter universal para sistemas fotovoltaicos domésticos.

El estudio se basa en el análisis de 18 normas, elaboradas en el período 1989 - 1997, habiendo encontrado varias inconsistencias entre ellas, incluyendo enfoques para el dimensionamiento de los sistemas y para la especificación de tipos de módulos fotovoltaicos, tipos de baterías, tensiones de trabajo de los reguladores, información operativa para los usuarios, caídas de tensión, medidas de seguridad y requisitos para balastos, cables y conectores.

La norma trata de ser flexible para permitir adaptarla a las condiciones particulares de cada país (clima, fabricación local, mercado interno, capacidades locales, etc.). En ese sentido, la norma propone tres categorías de requisitos:

Obligatorios.- Afectan directamente a la seguridad o confiabilidad.
Recomendados.- Conducen a optimizar los sistemas.
Sugeridos.- Contribuyen a la calidad y robustez de la instalación.

Los procedimientos sistemáticos de afianzamiento de la calidad deben incluir:
- Definición de las especificaciones a las que deben responder los componentes y sistemas
- Definición de los ensayos de laboratorio
- Controles de calidad in-situ de los sistemas

La norma THERMIE-B se restringe a las especificaciones y es exclusivamente técnica, no considera aspectos como garantías, documentación, repuestos, etiquetas u otros.

C. Quality Standards For Solar Home Systems And Rural Health Power Supply - Photovoltaic Systems in Developing Countries, GTZ, Febrero 2000.

Proporciona una revisión de los estándares más relevantes en Sistemas Solares Domésticos y en Sistemas de Suministro de Energía para Salud Rural. El documento está orientado a facilitar la selección de sistemas fotovoltaicos y sus componentes así como promover la estandarización de sistemas fotovoltaicos en una escala tan amplia como sea posible.

El documento incluye la revisión de las propuestas desarrolladas en IEC Draft Standard for Small-Scale PV Systems, The Global Approval Program For Photovoltaics - PV GAP, The Universal Technical Standard for Solar Home Systems y CENELEC Draft Standards : Test Procedures for Charge Regulators and Lighting Systems in Solar Home Systems.

D. Control de Calidad de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos, Universidad de Madrid, Junio 2001.

Describe los procedimientos técnicos para la evaluación de sistemas fotovoltaicos a fin de analizar el funcionamiento del equipo y estudiar posibles modificaciones o mejoras. Los procedimientos se basan en el Universal Technical Standard for Solar Home Systems y han sido desarrollados en el marco del IV Programa Marco de la Unión Europea denominado Joule III. Los procedimientos de prueba alcanzan al sistema, módulos, baterías, controladores de carga y lámparas.

El presente documento constituye el primer informe de avance del estudio. De acuerdo a la estructura del documento, estipulada en los términos de referencia, el avance comprende el desarrollo de los capítulos 1 al 6, los cuales incluyen objeto, campo de aplicación, definiciones y requisitos mínimos de calidad para módulos fotovoltaicos, baterías y reguladores de carga.

1. Objetivo

El objetivo del presente estudio es, de acuerdo a los términos de referencia, proponer al Sub-Comité un conjunto de normas de calidad para sistemas fotovoltaicos, incluyendo aspectos relacionados con los módulos fotovoltaicos, las baterías, los reguladores de carga, los inversores de carga, la calidad de las cargas, el sistema fotovoltaico integrado. Dicho conjunto de normas de calidad contribuirá a que el Sub-Comité proponga un proyecto de norma sobre ensayos, configuración e instalación de sistemas fotovoltaicos.

Es también objetivo del presente estudio el proponer un procedimiento para evaluar la eficiencia de un sistema fotovoltaico hasta de 500 Wp..

2. Campo de Aplicación

El presente estudio considera los aspectos relacionados con sistemas fotovoltaicos hasta de 500 Wp, en el marco de los términos de referencia estipulados para el estudio del conjunto de normas de calidad para sistemas fotovoltaicos que será utilizado por el Sub-Comité para proponer un proyecto de norma sobre ensayos, configuración e instalación de sistemas fotovoltaicos hasta 500 Wp".

En la revisión del conjunto de normas de calidad para sistemas fotovoltaicos, en base a la documentación estipulada en los términos de referencia, se debe destacar el aspecto del balance apropiado entre la complejidad de una norma y la factibilidad de su aplicación en nuestro medio. Adicionalmente es conveniente considerar la factibilidad de producción nacional de los diferentes componentes bajo tales normas y la incidencia de las mismas en los costos de producción y/o importación. Así mismo, es importante considerar que en varios países las normas han ingresado por etapas, inicialmente con un conjunto de criterios básicos y generales para posteriormente ser actualizadas en función a las tendencias de ingreso al mercado nacional por parte de sistemas fotovoltaicos para aplicaciones específicas.

3. Definiciones

Las definiciones básicas que se presentan a continuación, tienen por objetivo servir de marco de referencia para el conjunto de normas de calidad para sistemas fotovoltaicos presentado en el presente informe de avance.

Módulo Fotovoltaico

Conjunto de celdas fotovoltaicas conectadas entre si en serie o en paralelo y encapsuladas entre capas de materiales vítreo y plástico para protección contra la humedad, estabilidad frente a la radiación ultravioleta y aislamiento eléctrico.

Batería

Es el dispositivo que permite el almacenamiento de energía eléctrica, mediante la transformación reversible de energía eléctrica en energía química.

Regulador de Carga

Dispositivo que interconecta el generador fotovoltaico, la batería de acumulación y los consumidores de un sistema fotovoltaico. Su función principal es proteger a la batería contra descargas profundas y sobrecargas.

Inversor de Corriente

Dispositivo electrónico que permite convertir la corriente continua en alterna para satisfacer los requerimientos de funcionamiento de cargas específicas.

Carga

Magnitud de energía eléctrica diaria requerida por los distintos equipos de uso final (luminarias, radios, televisores, etc), expresada en Ah-V y tipo de corriente.

Sistema Fotovoltaico

Es el conjunto de elementos y accesorios que permiten la transformación, almacenamiento y utilización de la energía solar en energía eléctrica. Un sistema fotovoltaico cuenta generalmente con un sub-sistema de generación (módulos fotovoltaicos) llamado también generador fotovoltaico, un sub-sistema de almacenamiento (baterías), un sub-sistema de regulación y control (regulador de carga) y, opcionalmente, un sub-sistema de adaptación de corriente (inversor) para satisfacer una determinada demanda de energía.

4. Evaluación de módulos fotovoltaicos

4.1 Requisitos mínimos de calidad para los módulos fotovoltaicos. Sugerencias

4.1.1 Criterios según norma Boliviana

Obligatorio

Los módulos deben ser de tecnología monocristalina o policristalina. La estructura de la celda fotovoltaica será correspondientemente de silicio monocristalino o policristalino.

El módulo fotovoltaico debe cumplir con la norma NB 795, además de contar con alguna certificación basada en las normas IEEE Standard 1262 “Recommended Practice for Qualification of Photovoltaic (PV) Modules” e “IEC 61215 “Crystalline Silicon Terrestrial Photovoltaic (PV) Modules”.

Criterios aplicables a la instalación de sistemas fotovoltaicos hasta 300 Wp de potencia.

4.1.2 Criterios según GTZ

Obligatorio

El arreglo fotovoltaico debe consistir de uno o más módulos solares fotovoltaicos monocristalinos o policristalinos.

Los módulos fotovoltaicos cristalinos deben cumplir con las pruebas de calidad establecidas por la norma IEC 61215 “Crystalline Silicon Terrestrial Photovoltaic Modules; Design Qualification and Type Approval”.

Los módulos fotovoltaicos deben tener una potencia de salida nominal pico de al menos 45 Wp (con una tolerancia de -2.5 Wp), alternativamente -5 Wp, bajo condiciones estándares de prueba definidas en las normas IEC 61215 e IEC 60904-3.

En un arreglo fotovoltaico todos los módulos deberán ser del mismo tipo e intercambiables. El cableado y los diodos de protección deberán ser uniformes. Sin embargo, si existen sub-arreglos que energizan cargas o baterías separadas, entonces se puede utilizar diferentes tipos de módulos en cada sub-arreglo de ser necesario.

Los módulos deben estar equipados con caja de conexión a prueba de agua (código de protección internacional IP54). Los polos en el interior deben estar claramente marcados.

Los módulos fotovoltaicos deberán tener un marco de material anti-corrosivo, como por ejemplo de aluminio anodizado o acero inoxidable. El marco debe garantizar que el módulo sea resistente a la torsión durante el transporte y en condiciones climáticas extremas.

Cada módulo debe estar etiquetado en forma clara y permanente de acuerdo a la norma DIN 40025 “Datasheet and Labels of PV Modules”, indicando el fabricante, el modelo, número de serie, código de protección IP, máxima tensión del sistema, potencia nominal en watts pico incluyendo tolerancias de fábrica, corriente de corto circuito, tensión de circuito abierto, tensión en el punto de máxima potencia. Toda esta información a condiciones estándares de prueba.

El fabricante del módulo fotovoltaico, o proveedor, debe proporcionar un mínimo de 10 años de garantía para el reemplazo de cualquier módulo que:

- muestre defectos, en términos de las estipulaciones de calificación de prueba IEC-61215.
- muestre degradación de potencia mayor al 10% por debajo de la potencia nominal especificada (a menos que se presente deterioro por abuso o condiciones climáticas extremas no consideradas en las condiciones de calificación de prueba).

Para efectos de esta garantía, la especificación de potencia nominal debe ser un valor específico y no un rango, y para efectuar la garantía toda prueba de degradación de potencia debe ejecutarse conforme a los procedimientos internacionales para pruebas y referencias de potencia de salida de módulos fotovoltaicos.

Opcional

En el caso de módulos fotovoltaicos de película delgada, deben cumplir con la norma IEC 61646. La tensión mínima de operación aceptable en el punto de máxima potencia del módulo fotovoltaico no deberá ser inferior a 16 V cc a la temperatura de operación de la celda de 60° C.

Cada módulo debe consistir de no menos de 36 celdas solares monocristalinas o policristalinas conectadas en serie.

Para una tensión del sistema superior a 50 V, los módulos fotovoltaicos deben tener diodos de by-pass para ofrecer protección contra puntos calientes en caso de sombra parcial.

4.1.3 Criterios según THERMIE-B

Obligatorios

Ninguno.

Recomendados

Módulos fotovoltaicos certificados de acuerdo con la norma internacional IEC-61215 o con la norma nacional para módulos fotovoltaicos utilizada en el país de interés.

Sugeridos

Ninguno.

4.1.4 Criterios según Universidad de Madrid

El sistema fotovoltaico debe reunir los siguientes requisitos y verificaciones:

- Protección contra sobrecorriente y cortocircuito tanto en el cableado del generador como en la línea de carga (norma CS1)

- Etiquetado (norma CS2)
- Fusibles de protección de amplia distribución en el mercado (norma RS6)
- Mínima sección del cable: (norma CW1)
  * 2.5 mm^2 del módulo fotovoltaico al controlador de batería.
  * 4 mm^2 del controlador de batería a la batería.
- Cables de intemperie (norma CW3)
- Protección de las tomas de corriente contra polaridad inversa (norma CW8)
- Codificación o etiquetado de los cables (norma RW1)
- Interruptores adaptados a corriente continua (norma RW3)

Defectos que aconsejan el rechazo de un módulo fotovoltaico:
- Celdas rotas o agrietadas (rotura o ensanchamiento de una fractura, que produzca la separación de más del 10% del área de la celda).
- Celdas desalineadas (las celdas están en contacto)
- Cara frontal de las celdas (restos notables de la metalización)
- Impurezas en la laminación (cobertura de más de 1% del área de la celda)
- Burbujas en el encapsulado (existe comunicación entre las celdas y el marco o el borde del módulo)
- Vidrio frontal (rotura)
- Cinta de conexión (rotura)
- Etiquetas (ilegibilidad o borrado de texto)
- Módulos sucios (manchas de silicona o encapsulante)
- Caja de conexión (rota o suelta)

5. Evaluación de la batería

5.1 Requisitos mínimos de calidad para la batería. Sugerencias

5.1.1 Criterios según norma Boliviana

Obligatorio

La batería para uso en aplicaciones fotovoltaicas debe cumplir con la norma NB 948, además de contar con una certificación basada en la norma IEC 61427 (secondary cells and batteries for solar photovoltaic energy systems - general requirements and methods of test) o un certificado de origen reconocido por un organismo de certificación boliviano.

La batería debe tener una placa que contenga los siguientes datos:

- Capacidad nominal de la batería (en Ah)
- Tensión nominal de la batería (V)

La batería debe tener claramente marcado lo siguiente:

- Borne positivo con la indicación (+)
- Borne negativo con la indicación (-)
- Nivel máximo para el llenado del electrolito
- Nivel mínimo para el llenado del electrolito

Debe ser parte del contenedor de la batería, un cartel visible que contenga el siguiente texto:

PELIGRO
RIESGO DE CHOQUE ELECTRICO
VOLTAJES Y CORRIENTES PELIGROSAS

GASES EXPLOSIVOS
NO FUMAR
NO BOTAR A LA BASURA

O una simbología internacional equivalente.

El espesor de cada una de las placas debe ser superior o igual a 2 mm.

La cantidad de electrolito debe ser superior a 1.15 litros por cada 100 Ah y por celda.

La densidad del electrolito (a 20°C) para una batería completamente cargada no debe exceder los siguientes valores:

- 1.24 g/ml en baterías para regiones cálidas (trópico).
- 1.26 g/ml en baterías para regiones templadas (valles).
- 1.28 g/ml en baterías para regiones frías (altiplano).

La capacidad útil de la batería, debe en todos los casos, permitir como mínimo, un consumo de las cargas, con al menos tres (3) días de autonomía.

La capacidad máxima de la batería no debe ser superior a “K” veces la corriente de corto circuito, según sea el tipo de batería:

Tubular	: K = 20
Placa plana modificada	: K = 40
Placa plana de libre mantenimiento	: K = 40

La autodescarga de las baterías en condiciones climáticas T = 25°C y humedad relativa = 50%, debe ser inferior al 5% por mes.

La vida útil de la batería a 20°C, debe exceder el número de ciclos según el tipo de batería:

Tubular	: 600
Placa plana modificada	: 200
Placa plana de libre mantenimiento	: 300

La batería debe ser instalada sobre una superficie adecuada, desde el punto de vista mecánico, además resistente a la posible corrosión del electrolito. La batería debe encontrarse instalada en un ambiente interior ventilado. El acceso a la batería debe estar, en lo posible, restringido a los usuarios.

La instalación de las conexiones a la batería, debe ser de tal manera que se pueda evitar el cortocircuito accidental en los bornes terminales de la batería.

No se permite la conexión en paralelo de baterías de diferente capacidad, tecnología o marca.

No se permite la conexión en paralelo de batería nuevas y viejas.

Sólo se permite la conexión en paralelo de baterías idénticas.

<u>Recomendado</u>

- Profundidad máxima de descarga (en Ah o %).
- Tensión de desconexión para protección contra descargas (en V).
- Tensión de desconexión para protección contra sobrecargas (en V).
- Indicativo sí la batería es para climas cálidos, templados o fríos.
- Densidad del electrolito en plena carga (en g/l).

La capacidad máxima de la batería no debe ser superior a “K” veces la corriente de corto circuito, según el tipo de batería:

Tubular : K = 20
Placa plana modificada : K = 40
Placa plana de libre mantenimiento : K = 40

El valor máximo de la profundidad de descarga de la batería debe ser el siguiente:

Tubular : 70%
Placa plana modificada : 40%
Placa plana de libre mantenimiento : 30%

Los bornes terminales, positivo y negativo, de la batería, deben tener forma diferente con el objeto de evitar conexiones de polaridad inversa.

La vida útil de la batería a 20°C, debe exceder el número de ciclos según el tipo de batería:

Tubular : 720
Placa plana modificada : 240
Placa plana de libre mantenimiento : 360

La batería debe estar ubicada en un lugar de fácil acceso a personal autorizado.

La batería debe estar instalada sobre una superficie completamente horizontal.

La batería utilizada debe obedecer a un programa de reciclaje.

5.1.2 Criterios según GTZ

Obligatorio

La capacidad nominal de 20 horas de batería en Ah (medida a 20°C y hasta un voltaje de 1.8 V/celda) no debe exceder CR veces la corriente de corto circuito (en A) del generador fotovoltaico (medidos a condiciones de prueba estándar), según el tipo de batería:

Tubular : CR = 15-20
SLI (automotriz)
- Clásica : 30-40
- Modificada : 35-40
- Bajo mantenimiento : 30-40

La máxima profundidad de descarga (referida como la capacidad nominal de 20 horas de batería) no debe exceder los siguientes valores porcentuales:

Tubular : 70-80
SLI (automotriz)
- Clásica : 30-50
- Modificada : 40-60
- Bajo mantenimiento : 20-30

La capacidad útil de la batería (20 horas de capacidad nominal multiplicada por la máxima profundidad de descarga) debe permitir una autonomía de 3 a 5 días.

El ciclo de vida de la batería (antes que su vida residual sea menor al 80% de la capacidad nominal) a 25°C debe ser superior al número de ciclos cuando se descargue a una profundidad de descarga del 50%, según el tipo de batería:

Tubular : 600
SLI (automotriz)
- Clásica : 200
- Modificada : 200
- Bajo mantenimiento : 300

La batería recargable debe consistir de una batería de 12 V cc “solar” tipo plomo-ácido ventilada.

La batería debe ser probada y certificada en concordancia con la norma NF C 58-510 “Lead-acid secondary batteries for storing photovoltaically generated electrical energy” y/o la norma IEC 60896-1 o -2 “Stationary lead-acid batteries - General requirements and methods of tests. Part 1: Vented Types, Part 2: Valve-regulated types” (la cual será reemplazada por IEC 61147).

Las siguientes pruebas deben ser ejecutadas, documentadas y certificadas como se describe en la norma NF C58-510:

- Capacidad nominal en Ah (C_{10})
- Capacidad de fábrica (10, 20 o 100 horas de capacidad, según fabricante)
- Número de ciclos en un estado de carga promedio constante (DOD = 40%), requisito mínimo : 400 ciclos.
- Número de ciclos en un estado de carga promedio variable (DOD = 20%), requisito mínimo : 1500 ciclos para placas tubulares ventiladas, 900 ciclos para placas planas ventiladas y selladas.
- Apropiada para operación bajo condiciones de estado de carga creciente y decreciente, requerimientos mínimos : 95% de C_{10} luego de 60 ciclos.
- Prueba de empaque: 4 horas a 65°C y temperatura alternada de 30°C sin deformación alguna.
- Prueba de sellado de celda : Requisito mínimo: No rastro de electrolito a la inclinación de 30° y bajo presión de 0.1 bar.
- Prueba de eficiencia de ventilación. Requisito mínimo: durante la prueba de sobrecarga no debe escapar de la celda ni ácido sulfúrico ni concentración explosiva de hidrógeno.
- Prueba de resistencia a la caída : Requisito mínimo: 10 cm de caída con todos los bordes en concreto.

Para calcular la capacidad nominal C_{10} de la capacidad de fábrica, el proveedor debe suministrar una curva de capacidad relacionada con la corriente de descarga. La capacidad nominal C_{10} mínima no debe ser inferior a 55 Ah.

La rapidez de auto-descarga máxima permisible es el 6% de la capacidad nominal por mes (30% en 6 meses) a 25°C.

De preferencia, se debe evitar la conexión de baterías en paralelo. No se permite conectar baterías de diferente tipo, tamaño o vida útil en el mismo banco de baterías. Cuando la conexión en paralelo sea inevitable, se recomienda que no más de dos baterías idénticas plomo-ácido de 12 Vcc sean conectadas en paralelo. De preferencia se deben seleccionar baterías de mayor capacidad, en lugar de combinar baterías en paralelo.

La cantidad de electrolito debe ser superior a 1.15 litros por cada 100 Ah de 20 horas de capacidad nominal por celda. La reserva de electrolito en la batería debe ser suficiente para 100 días de operación bajo condiciones de sobrecarga sin adición de agua destilada.

La densidad del electrolito no debe exceder 1.25 g/celda.

La siguiente información y especificaciones deben estar disponibles a través de los fabricantes, proveedores o laboratorios de prueba reconocidos:

- Marca, tipo, voltaje y capacidad nominales.
- Capacidad a 10 horas de rapidez de descarga (a temperaturas especificadas).
- Tipo de electrodo y de electrolito.
- Información gráfica de características de carga y descarga, a diferentes valores de corriente y temperaturas especificadas.
- Información gráfica de ciclo de vida vs. profundidad de descarga (a temperaturas especificadas).
- Información acerca de algún requerimiento de regulación particular para el ciclado óptimo en un medio fotovoltaico.

En general, la información debe ser suficiente para establecer el método apropiado para la regulación de la batería y los puntos de operación apropiados.

Adicionalmente, se debe suministrar la siguiente información:

- Requerimientos de seguridad de la batería.
- Requerimientos de mantenimiento de la batería.
- Requerimientos de reemplazo de la batería.

Las baterías instaladas deben recibir un cargado inicial, ya sea utilizando un cargador externo (regulado apropiadamente), o cargando las baterías desde un arreglo fotovoltaico durante al menos dos días sin conexión de cargas.

La batería y los empaques respectivos deberían ser empaquetados para resistir el transporte por caminos en condiciones adversas.

El proveedor garantiza que recibirá y reciclará profesionalmente o dispondrá de las baterías antiguas y sus químicos tóxicos.

El período de garantía para las baterías debe ser al menos seis meses. Períodos de garantía mayores otorgados por el fabricante deberían transferirse al usuario.

Opcional

La batería recargable debe consistir de una batería de 12 Vcc “solar” tipo plomo-ácido libre de mantenimiento regulada por válvula.

El ciclo de vida de la batería (antes que su vida residual sea inferior al 80% de la capacidad nominal Ah), a 25° C debe ser superior a 200 ciclos cuando se descargue a una profundidad de descarga (DOD) de 75%.

La capacidad de la batería debe ser de al menos 1.4 veces la cantidad de Ah nominales por Watt pico de la potencia del arreglo fotovoltaico, pero no inferior a 70 Ah. La capacidad nominal en Ah se mide a 25°C a la rapidez de descarga de C_{20} hasta la tensión de 1.75 V por celda.

Las baterías deben estar protegidas del clima e instaladas en cajas o compartimientos apropiados que satisfagan las siguientes condiciones:

- El acceso a los terminales y electrolito debe estar restringido sólo a personal autorizado y responsable. Las baterías deben estar protegidas contra el acceso de niños. Sin embargo, las baterías deben estar accesibles por personal autorizado para inspección.
- Los terminales deben estar protegidos contra corto-circuito accidental, como por ejemplo debido a la caída de una herramienta en los terminales.
- Debe haber suficiente ventilación para el escape de hidrógeno. El hidrógeno no debería ser direccionado a ninguna ubicación en la cual haya peligro de chispas o flamas.
- Debe haber al menos 20 mm de espacio libre entre las baterías y las paredes y la tapa de la caja de la batería.
- La caja de la batería o empaque debe ser hecha de material apropiado, durable y resistente al ácido.
- Se debe adherir una nota permanente a la caja de la batería o ubicarse apropiadamente en el empaque de la batería como advertencia de peligro por escape de gases, explosión, y debe prohibirse el fumar o hacer fuego abierto.

En general, se recomiendan temperaturas moderadas, entre 15°C y 30°C, y se deben tomar precauciones para proteger las baterías de temperaturas extremas. En instalaciones donde las temperaturas extremas no se puedan evitar, se debe consultar la información del fabricante para asegurar que el tipo de batería sea el apropiado para las condiciones.

5.1.3 Criterios según THERMIE-B

Obligatorios

El espesor de cada placa debe exceder los 2 mm.

La cantidad de electrolito debe exceder 1.15 litros por celda y por cada 100 Ah de capacidad nominal en 20 horas

La capacidad nominal de la batería en 20 horas expresada en Ah (medida a 20° C y hasta que el voltaje de una celda llegue a 1.8 V/celda) no debe exceder CR veces la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico (medida en las denominadas condiciones estándar: irradiancia igual a 1000 W/m^2 y temperatura de celda igual a 25°C), según el tipo de batería:

Tubular : CR = 20
SLI:
- Clásica : CR = 40
- Modificada : CR = 40
- Bajo-mantenimiento : CR = 40

La máxima profundidad de descarga (referida a la capacidad nominal de la batería en 20 horas) no debe exceder los siguientes valores:

Tubular : 80
SLI:
- Clásica : 50
- Modificada : 60
- Bajo-mantenimiento : 30

Deben hacerse las previsiones necesarias para asegurar que la capacidad inicial de las baterías puestas en operación no difiere en más del 5% del valor nominal.

La autodescarga de las baterías a 25°C, no debe exceder el 6% de su capacidad nominal por mes.

Recomendado

Se recomiendan los siguientes valores para CR según el tipo de batería:

Tubular : CR = 15
SLI:
- Clásica : CR = 30
- Modificada : CR = 35
- Bajo-mantenimiento : CR = 30

La máxima profundidad de descarga (referida a la capacidad nominal de la batería en 20 horas) no debe exceder los siguientes valores:

Tubular : 70
SLI:
- Clásica : 30
- Modificada : 40
- Bajo-mantenimiento : 20

Los separadores deben ser de polietileno microporoso.

La capacidad útil de la batería (la capacidad nominal en 20 horas multiplicada por la máxima profundidad de descarga) deberá permitir entre tres y cinco días de autonomía.

La vida de la batería (es decir, antes de que su capacidad residual caiga por debajo del 80% de su capacidad nominal) a 20°C, debe exceder un cierto número de ciclos, cuando se descarga hasta una profundidad del 50%, según:

Tubular : 600
SLI:
- Clásica : 200
- Modificada : 200
- Bajo-mantenimiento : 300

Sugeridos

La densidad del electrolito no debe exceder 1.25 g/celda.

5.1.4 Criterios según Universidad de Madrid

Las baterías a considerar serán de tipo tubular o SLI (clásico, modificado y de bajo mantenimiento) y el estado de recepción podrá ser cargado seco o relleno. En el primer caso, la batería habría de rellenarse con electrolito de densidad inferior a 1.25 g/cm^3 (Norma SB1).

Los siguientes requisitos habrán de verificarse bien directamente, o a través de la información técnica suministrada:

- El grosor de cada placa deberá ser superior a 2 mm (norma CB1)
- La cantidad de electrolito superará los 1.15 litros por 100 Ah de 20 horas de capacidad nominal y por celda (norma CB2)

- La batería se suministrará debidamente etiquetada (norma CS2).

6. Evaluación de los reguladores de carga

6.1 Requisitos mínimos de calidad para los reguladores de carga. Sugerencias

6.1.1 Criterios según norma Boliviana

Obligatorio

El regulador de carga deberá contar con una placa que contenga la siguiente información:

- Tensión Nominal (V)
- Máxima Corriente aceptable para el módulo (A)
- Máxima Corriente aceptable para las cargas (A)

El regulador de carga deberá tener claramente marcado:

- Bornes de conexión del módulo fotovoltaico
- Bornes de conexión de la batería
- Bornes de conexión de las cargas
- Polaridad en cada uno de los bornes de conexión (+ para positivo y - para negativo)

El regulador de carga debe tener elementos de soporte fijación adecuados para su montaje, de manera que garantice una instalación simple.

Los reguladores de carga deben tener un tiempo de vida útil de al menos cuatro años.

Cuando las cargas han sido desconectadas, debido al bajo estado de carga de la batería, se indicará con una señal de color rojo.

El consumo eléctrico del regulador de carga, en condiciones normales de operación no debe exceder de 10 mA.

El regulador de carga debe poseer una caja que cumpla con los siguientes requisitos de protección:

- Las cajas de los reguladores deben, como mínimo, proveer protección IP 32.

Es decir: protección contra objetos sólidos (herramientas, alambres, etc.) de un grosor superior a 2.5 mm y protección contra agua incluso con el equipo inclinado a 15°, respecto a su posición normal.

El regulador de carga debe estar protegido contra la polaridad inversa en la línea del generador.

El regulador de carga debe estar protegido contra la polaridad inversa en la línea de la batería.

El regulador de carga, debe poder trabajar dentro del rango de temperaturas comprendido entre -20°C y 45°C.

El regulador de carga, debe poder trabajar con una tensión de alimentación comprendida entre el 75% de la tensión nominal y la tensión de circuito abierto del módulo.

El regulador de carga, debe proveer protección contra descargas profundas de la batería, a través de la desconexión de las cargas.

El regulador de carga debe desconectar las cargas, cuando el voltaje de la batería se encuentre entre 10.5 V y 12 V.

La tensión mínima de reconexión de carga, debe ser entre 1 V y 1.5 V superior a la tensión de desconexión de carga. Debe en todos los casos, encontrarse entre 11.5 V y 13 V (para una batería de 12 V). Por ejemplo, si la tensión de desconexión de las cargas es de 11.5 V, la tensión de reconexión deberá encontrarse entre 12.5 V y 13 V.

Las tensiones de desconexión, reconexión y alarma deben tener una precisión de +/- 2% (40 mV/celda, o 240 mV para una batería de 12 V) y permanecer constantes en todo el rango de posible variación de la temperatura ambiente de -20°C hasta 45°C.

El regulador de carga, debe contar con un sistema de protección para evitar la sobrecarga de las baterías.

La tensión de fin de carga debe estar comprendida entre 2.25 V/celda y 2.5 V/celda (13.5 V y 15 V para una batería de 12 V), a una temperatura de 25°C.

En los controladores on-off, la tensión de reposición debe estar comprendida entre 2.15 V/celda a 2.2 V/celda, a una temperatura de 25°C (12.9 V a 13.2 V para baterías de 12 V).

La tensión de fin de carga y la tensión de reposición deben corregirse por temperatura a razón de -3 mV/°C/celda a -5 mV/°C/celda (para una batería con tensión nominal igual a 12 V, esto corresponde a una reducción en función de la temperatura de 18 mV/°C a 30 mV/°C). La medida de la temperatura del sensor debe ser aquella del ambiente en donde está el regulador y batería.

Se debe evitar la sobrecarga de las baterías estacionarias de libre mantenimiento. En este sentido, de tenerse en el sistema fotovoltaico, baterías de libre mantenimiento, el regulador de carga no deberá contar con un sistema de sobrecarga.

Las caídas internas de tensión del regulador, entre los terminales de la batería y los del generador, deben ser inferiores al 5% de la tensión nominal (es decir 0.6 V para un sistema de 12 V), en las peores condiciones de operación, es decir, con todas las cargas apagadas y con la máxima corriente procedente del generador fotovoltaico.

Las caídas internas de tensión del regulador, entre los terminales de la batería y los del consumo, deben ser inferiores al 5% de la tensión nominal (0.6 V para 12 V) en las peores condiciones de operación, es decir, con todas las cargas encendidas y sin corriente alguna procedente del generador fotovoltaico.

El regulador debe ser capaz de resistir cualquier situación posible de operación sin batería, cuando el generador fotovoltaico se encuentra operando cerca de las condiciones de operación estándar (800 W/m^2) y con cualquier condición de carga permitida.

El regulador de carga debe proteger a las cargas en cualquier situación posible de operación sin batería, limitando la tensión de salida a un máximo de 1.3 veces el valor nominal (15.6 V para un sistema de 12 V). Está permitida la total interrupción de las cargas.

Los terminales de conexión del regulador, destinados al generador, a la batería y a las cargas deben permitir la conexión de cables de cobre de al menos:

- 4 mm^2 de sección, para reguladores que aceptan 5 A en la entrada
- 6 mm^2 de sección, para reguladores que aceptan 10 A en la entrada
- 10 mm^2 de sección, para reguladores que aceptan 20 A en la entrada

El regulador de carga debe estar instalado en un ambiente protegido de la intemperie.

Recomendado

El regulador de carga debe contar con la certificación de una institución competente.

Cuando las cargas puedan ser utilizadas sin ninguna restricción debido a que el estado de carga de la batería es suficientemente elevado, se indicará con algún tipo de señalización.

El regulador de carga puede proveer una señalización de alerta al usuario, para que éste desconecte cargas, evitando una situación de desconexión inesperada por baja carga.

El regulador de carga debe poseer una caja que cumpla con los siguientes requisitos de protección:

- Las cajas de los reguladores deben, como mínimo, proveer protección IP 54.

Es decir: protección contra polvo y protección contra salpicaduras.

El regulador de carga, deberá estar protegido contra sobretensiones, por medio de un supresor de sobretensiones de 1000 W o mayor, instalado entre ambos polos (+ y -) a la entrada correspondiente de los módulos.

La inhibición manual de la protección contra descargas no está permitida.

Con el objeto de evitar que el regulador desconecte las cargas cuando cae la tensión de la batería debido a una corriente elevada momentánea (por ejemplo durante el arranque de un motor), se recomienda que la desconexión de la carga debe retardarse entre 5 y 30 segundos desde que se alcanza la tensión de desconexión.

Con el objeto de evitar caídas de tensión en la lectura de la batería, se prefiere reguladores de carga que posean una medición de tensión de batería independiente.

El regulador de carga, debe contar con un sistema de compensación de temperatura.

El regulador de carga puede contar con un sistema que permita realizar sobrecargas a intervalos regulares o luego de haber realizado una operación de corte de protección contra descargas profundas.

Las sobrecargas controladas deberán efectuarse a la tensión recomendada por el fabricante o en su defecto a una tensión de 2.5 V/celda (15 V para una batería de 12 V).

El regulador de carga debe permitir la sobrecarga durante un tiempo de duración comprendido entre 1 h y 4 h.

El regulador de carga, debe permitir la interrupción manual de la sobrecarga.

El regulador de carga, debe permitir la carga de la batería desde el generador fotovoltaico, con cualquier tensión superior a 1.5 V/celda (9 V para una batería de 12 V).

El regulador de carga, no debe producir interferencias en las radio frecuencias en ninguna condición de operación.

El regulador de carga debe contar con elementos de protección (como fusibles) tanto en las conexiones con los módulos, como en las conexiones con la batería y las cargas.

El regulador de carga, debe estar instalado en un lugar visible, a una distancia del suelo comprendida entre 1.6 m y 2.0 m.

6.1.2 Criterios según GTZ

Obligatorio

El regulador de carga (o Unidad de Control de Batería, BCU) debe servir prioritariamente para proteger la batería contra descargas profundas y sobrecargas.

Los reguladores de carga deben de ser probados y certificados en calidad en cumplimiento con IEC "Photovoltaic Systems, Charge Regulators, Part 1: Safety Test - Requirements and Procedures, Part 2: EMC - Test Requirements and Procedures".

Las siguientes pruebas deben ser ejecutadas y documentadas. Luego de una inspección visual del regulador de carga, de la documentación y del etiquetado, los siguientes parámetros eléctricos, mecánicos y de operación anormal se deberá determinar lo siguiente:

a. Rendimiento y Requerimientos de Parámetros Eléctricos

- El voltaje nominal del regulador de carga debe ser 12 V (24 V) cc.
- El regulador de carga debe funcionar en concordancia con uno de los siguientes fundamentos:
    * Control por voltaje con:
        - Modulación por pulso (PWM)
        - Dos puntos en paralelo (shunt) o regulador serie
    * Algoritmo de estado de carga (SOC) con:
        - Modulación por pulso (PWM)
        - Dos puntos en paralelo (shunt) o regulador serie
- Los siguientes requisitos son requeridos a una temperatura de 20°C y una concentración ácida de 1.24 kg/litro.
    * Desconexión por alta carga : 2.30 V / celda
    * Reconexión por alta carga con dos puntos de regulación : 2.25 V / celda
    * Desconexión por baja carga : 1.90 V / celda
    * Reconexión por baja carga : 2.10 V / celda

A concentraciones de ácido diferentes, los requisitos deben ajustarse de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

- Se debe asumir una vida útil de por los menos 10 años de operación.
- El regulador de carga debe tener una pantalla de visualización clara y confiable. Debe mostrar el estado de operación real del regulador de carga. La pantalla de visualización puede ser de tecnología LED (Light Emitting Diode) o LCD (Liquid Crystal Display)
- Los requisitos para desconexión por baja carga deben ser estables (+/- 0.3 V) a través de todo el rango de temperatura (de -10°C a 55°C).
- La protección por sobrecarga y las funciones de gaseo deben estar compensadas por temperatura para los requisitos de desconexión por alta carga y reconexión por alta carga en regulación de dos puntos, mientras que la histéresis debe ser constante (rango de temperatura: de -10°C a 55°C). La compensación de temperatura debe estar en el rango de -3 a -5 mV/°K/celda.
- El consumo de energía propio no debe sobrepasar los 10 mA en cualquier estado de operación.
- La caída de tensión en los terminales del regulador de carga entre los terminales de la batería y la carga (descarga) y entre los terminales del generador fotovoltaico y los terminales de la batería (carga) puede únicamente alcanzar un máximo de 0.5 V (sistemas de 12 V) o 1 V (sistemas de 24 voltios) a máxima carga.

- La caída de tensión en las líneas de la batería debe ser compensada por líneas sensoriales de baterías, compensación electrónica o selección apropiada de cableado (sección y longitud). Sí se utiliza compensación electrónica, la diferencia entre la tensión del terminal de la batería y los requisitos de demanda del regulador de carga no deben superar los 100 mV.

b. Rendimiento y Requerimientos de Parámetros Mecánicos

- Estabilidad mecánica de todos los componentes debe ser verificada por pruebas de vibración (de acuerdo a la norma IEC 60068-2-6).
- Prueba de shock (de acuerdo a la norma IEC 60068-2-27).
- La resistencia a la temperatura y a la humedad debe definirse y probarse en concordancia con las condiciones climáticas de la región objetivo (norma IEC 60068-1).
- Para aplicación en climas tropicales, se efectuará una “prueba de calor cíclico” (de acuerdo con la norma IEC 60068-2-30) con temperaturas hasta de 55°C y 40°C (a tensión nominal y corriente de entrada y salida máximas).
- Se evaluará para la resistencia a la corrosión y la estabilidad a largo plazo luego de esta prueba de calor.
- Los requerimientos de seguridad deberán ser evaluados de acuerdo a la norma IEC 60335-1
- La resistencia del aislamiento debe ser probada de acuerdo a la norma EN 50178 o IEC 60335-1 con tensión de prueba de 500 V cc.
- La formación de calor en condiciones de máxima potencia no debe exceder los límites establecidos en la norma IEC 60335-1.
- La resistencia al calor y al fuego deben ser probadas de acuerdo a la norma IEC 60695-2-1 (prueba de chispa de cableado) y a la norma EN 60742 (prueba de presión de rodillo).
- La fortaleza mecánica del compartimiento debe ser probada de acuerdo a la norma IEC 60068-2-75 con martillo de golpe seco de 250 g desde ciertas direcciones.
- La protección del compartimiento contra el acceso a partes peligrosas, la penetración de cuerpos extraños y el ingreso de agua (código IP) deben ser probadas de acuerdo a la norma IEC 60529. Los requerimientos mínimos son IP 20 para aplicaciones al interior de construcciones de material noble e IP 54 para aplicaciones al exterior u otras.
- La robustez de los dispositivos de montaje y acabados debe ser probada de acuerdo con la norma IEC 61215 en cuanto a expansión, pandeo, presión, torsión y doblado.

c. Precauciones ante operación anormal

- En la operación sin batería, el regulador de carga limitará la tensión de salida a los terminales de carga a la tensión de salida máxima permisible durante la operación de la batería. Si se incluyen relés en el circuito, ellos deberán permanecer en una condición estable.
- En la operación con una batería extremadamente desgastada (Ubat < 9 V), se debe evitar una descarga posterior.
- Si se utilizan líneas (sensores) de medición de tensión, la estabilidad de todos los requisitos debe estar garantizada con líneas de medición de circuito abierto y de corto circuito.
- El regulador de carga debe estar protegido contra polaridad reversa en el generador fotovoltaico (hasta la máxima tensión de circuito abierto) y los terminales de batería (hasta la tensión máxima de la batería).
- La protección contra sobrecarga con fusibles o circuitos electrónicos debe ser verificada con 125% de la corriente de máxima carga.

- Si el regulador de carga tiene una salida de radio separado, su protección contra sobrecarga también debe ser verificada.

d. Compatibilidad Electromagnética (EMC)

- La emisión de interferencia de la línea de conducción debe ser verificada al menos en la línea de salida (carga) en la frecuencia de radio de 150 kHz a 30 MHz.
- La emisión de interferencia irradiada a la distancia de 3 metros debe ser verificada de acuerdo con la norma EN 55013 con valores límites de acuerdo a la norma IEC CISPR 22.
- La resistencia a la interferencia de impulsos únicos de alta energía, tales como descargas atmosféricas (rayos), será medida en la línea del generador fotovoltaico al regulador y en la línea de la carga al regulador de acuerdo con la norma IEC 61000-4-5 con 0.5 kV a 1 kV. Adicionalmente, debe determinarse la influencia del pulso en las líneas de conexión entre el generador fotovoltaico, la batería y la carga.

e. Reporte de Pruebas

Todos los resultados deben ser documentados y resumidos en un reporte de pruebas, el cual puede ser solicitado al proveedor o fabricante.

f. Marcado y Etiquetado

El regulador de carga debe estar claramente etiquetado, mostrando la siguiente información:

- Señas originales (marca, fabricante o proveedor responsable)
- Modelo o tipo designado por fabricante
- Número de serie
- Tensión nominal (V)
- Máxima corriente (entrada) del generador fotovoltaico (A)
- Máxima corriente (salida) de carga (A)
- Todos los terminales de conexión deben estar claramente etiquetados con función y polaridad
- Todas las pantallas de visualización deben estar claramente etiquetadas con el significado de lo indicado.
- El tipo y valor característico de los fusibles deben estar escritos cerca del soporte del fusible.

g. Documentación

La documentación entregada con el regulador de carga debe contener la siguiente información:

- Instrucciones de instalación
- Instrucciones de operación
- Datos técnicos
- Instrucciones sobre desperfectos
- Advertencias de seguridad
- Información acerca de repuestos
- Garantía

En particular, la documentación debe indicar lo siguiente:

h. Condiciones Ambientales

- Rango de temperatura de operación
- Rango de temperatura de almacenamiento

- Humedad relativa máxima

i. Propiedades Físicas del Regulador de Carga

- Dimensiones del compartimiento
- Peso
- Propiedades del compartimiento (material)
- Grado de protección (código IP)
- Sujetadores, material de fijación
- Terminales de conexión, tamaño de cable máximo
- Cables (entrada, seguros, sección transversal)
- Repuestos

j. Propiedades Eléctricas del Regulador de Carga

- Tensión nominal (V)
- Corriente máxima del generador fotovoltaico (A)
- Corriente máxima de la carga (A)
- Tipo de regulador (regulador serie, regulador shunt)
- Fundamento de trabajo (PWM, regulación de doble punto, algoritmo de estado de carga)
- Todos los requisitos establecidos (V)
- Compensación de temperatura para los requisitos (mV/°C/celda)
- Vida útil
- Consumo propio
- Pérdidas
- Protección contra polaridad reversa
- Capacidad de variación para aceptación de tensiones nominales diferentes
- Advertencia previa a la desconexión de carga
- Retrazo de desconexión de carga
- Pantallas de visualización (LED, pantalla, precisión)
- Funciones adicionales (seguimiento MPP, etc.)

Todos los datos deben verificarse durante los procedimientos de prueba. Los datos faltantes o no conformes con las mediciones deben ser concientemente registrados.

k. Muestreo

Se debe tomar en forma aleatoria cuatro reguladores de carga de un lote de producción para propósitos de pruebas de verificación, en concordancia con el procedimiento proporcionado por la norma IEC 60410. Los reguladores de carga deben haber sido fabricados con los materiales y componentes especificados en concordancia con las hojas técnicas de los esquemas y procesos relevantes y haber sido sometidos a la inspección normal del fabricante y los procedimientos de aceptación de control de calidad y producción. Si los reguladores de carga a ser probados son prototipos de un nuevo diseño y no de producción masiva, esto debe ser registrado en el reporte de pruebas.

l. Criterio de aprobación de prueba

Toda la muestra está sujeta a la inspección visual, al examen de los parámetros eléctricos y a una prueba de funcionamiento. Dos unidades están sujetas a varias pruebas. Las otras dos sirven de reemplazo: si un regulador de carga falla alguna prueba, otros dos reguladores de carga deben ser sometidas a todo el conjunto de la secuencia de pruebas relevantes desde el principio. Si una o ambas

también fallan, se debe considerar que el diseño no cumple con los requerimientos de calificación. Sin embargo, si ambos reguladores de carga pasan la secuencia de prueba, se debe considerar que el diseño cumple con los requerimientos de calificación.

Opcional

- La resistencia a la interferencia debido a campos electromagnéticos debe ser verificada en referencia a la norma IEC 61000-4-3 (fuerza de campo requerido de 3 V/m), sólo si se espera que transmisores portátiles o no-portátiles influencien la operación del regulador de carga.
- La resistencia a la interferencia de mediciones de descarga electrostática se requiere sólo si se espera que el contacto del equipo con operadores u otras personas influencie la operación del regulador de carga (norma IEC 61000-4-2).

6.1.2.1 Criterios Alternativos o Complementarios según GTZ

Obligatorio

a. Rendimiento y Requerimientos de Parámetros Eléctricos

- La corriente de entrada (generador fotovoltaico) nominal mínima debe ser 8 A (WB: 6 A).
- La corriente de salida (carga) nominal mínima debe ser 10 A (20 A).
- El regulador de carga debe resistir sin daño la condición de operación definida por: temperatura ambiente de 45°C, corriente de carga 25% mayor a la corriente de corto circuito del generador fotovoltaico a condiciones de prueba estándar, y corriente de descarga 25% mayor a la correspondiente a plena carga a la tensión de operación nominal.
- Los puntos de seteo del regulador de carga deben ser de fábrica con valores de seteo aplicables a las características de batería especificadas.
- Los inicializadores de tensión solo pueden ser reajustados por personal de servicio especializado con herramientas apropiadas y equipo de medición.
- Considerando que no se espera que la temperatura al interior de un ambiente varíe significativamente en la ubicación especificada para la instalación del sistema fotovoltaico, generalmente la circuiteria de compensación de temperatura de batería no se requiere. Los puntos de seteo de tensión del regulador de carga deben ser seteados para armonizar con la temperatura promedio durante el día al interior del ambiente.
- Caídas de tensión internas entre la batería y los terminales de entrada y salida del regulador de carga deben ser menores a 4% de la tensión nominal (aprox. 0.5 V para 12 V en las peores condiciones de operación, esto es con todas las cargas “off” y la máxima corriente del generador fotovoltaico o cuando todas las cargas están “on” y no fluye corriente del generador fotovoltaico.
- Se debe proporcionar alguna forma de indicador de estado de carga para la batería en o cerca del regulador de carga. Este dispositivo debe por lo menos indicar las condiciones de la batería:
    * apropiada para operar cargas (ej. tensión superior a 12.5 Vcc)
    * cuando se requiere conservación de energía (ej. tensión de batería menor a 11.8 Vcc)
    * cuando la carga sea desconectada

Estos indicadores pueden ser tipo LED, o medidores análogos o digitales. El dispositivo seleccionado debe venir apropiadamente etiquetado tal que el usuario no tenga que remitirse a un manual para conocer la condición actual de la batería.

b. Rendimiento y Requerimientos de Parámetros Mecánicos

- Se debe incluir material de fijación (tornillos y tarugos de pared) para montaje en pared.

- El regulador de carga debe tener un liberador de tensión para los cables instalados. Si el liberador de tensión no está incluido, un liberador de tensión externo debe ser enviado con la unidad.
- Si ciertas entradas en el compartimiento no se utilizan para cables (líneas para sensar temperatura y tensión), se deben instalar tapones o cubiertas adecuadas para garantizar la protección IP especificada.
- Los terminales del generador fotovoltaico, de la batería y la carga deben poder aceptar una sección transversal de 2.5 mm2 de cada conductor.
- El acceso a los terminales debe ser desde el exterior (interior) del compartimiento solo con herramientas apropiadas.
- El compartimiento del regulador de carga debe proporcionar protección de por lo menos IP32 de acuerdo a la norma IEC 60529.
- El compartimiento del regulador de carga debe ser construido para protección contra insectos y polvo, y debe ser resistente a la corrosión. Se recomienda el encapsulado del regulador de carga. En áreas tropicales, las tarjetas de circuitos electrónicos tienen que ser protegidas con películas de material resistente al agua.
- El rango de temperatura ambiente para la operación del regulador de carga es de -10°C a 40°C (normal) y de 5°C a 50°C (climas tropicales).
- La humedad relativa máxima puede ser 95% en climas tropicales.

c. Precauciones contra Operaciones Anormales

El regulador de carga debe estar protegido contra el daño causado por corto circuito de los terminales de ingreso y salida, y polaridad reversa de cualquier conexión.

El regulador de carga debe ser capaz de resistir cualquier condición de operación “sin batería” cuando el generador fotovoltaico sea conectado y/o con cualquier carga permisible. El regulador de carga debe también proteger la carga en cualquier condición posible “sin batería” limitando la tensión de salida a un máximo de 1.3 veces el valor nominal (también se permite la interrupción total de la tensión).

El regulador de carga debe permitir el cargado de la batería desde el generador fotovoltaico para cualquier tensión de batería mayor a 1.5 V/celda.

El regulador de carga debe resistir sin daño la condición de operación definida por: temperatura ambiente de 45°C, corriente de carga 25% mayor a la corriente de corto circuito del generador fotovoltaico a condiciones de prueba estándares, y corriente de descarga 25% mayor que la correspondiente a plena carga “on” a la tensión de operación nominal.

El regulador de carga debe estar protegido contra sobretensión inducida (ocasionada por rayos) mediante varistores apropiados de oxido de metal (MOV) o supresores de tensión transitoria (TVS) insertados entre ambos polos (+ y -), del generador fotovoltaico y la carga.

El regulador de carga no debe producir interferencia de radio frecuencia (AM y FM) en ninguna condición de operación.

<u>Opcional</u>

- La sobrecarga controlada debe hacerse a una tensión constante de 2.5 V/celda. La sobrecarga debería ocurrir después de cada descarga profunda y/o intervalos de 14 días. La sobrecarga debería durar entre 1 y 5 horas. Debería ser posible controlar terminar manualmente una sobrecarga controlada.
- Para baterías libres de mantenimiento y reguladas por válvula, los puntos de seteo del regulador de carga deben provenir de fábrica con puntos aplicables a las características de la batería libre de

mantenimiento especificada. Un gaseo controlado o re-cargado de la batería ácido-plomo de válvula regulada no está permitido, considerando que el gaseo activa la liberación de hidrógeno y oxígeno a través de la válvula y no pueden volver a ser rellenados.

- Se recomienda una compensación de corriente por inicialización de protección de descarga para sistemas fotovoltaicos grandes.
- Cuando la batería esté dentro de aproximadamente 0.1 V por encima de la desconexión (30 minutos antes de desconexión), se debe dar una advertencia visual (y audible).
- Se debe garantizar una cierta cantidad de ventilación del regulador de carga en áreas húmedas para prevenir la condensación de agua en el interior del compartimiento.
- Se debe proporcionar alguna forma de desconexión segura de la batería y de los módulos fotovoltaicos durante el servicio o la reparación por técnicos.
- El período de garantía es de por lo menos un año. Período más prolongados de garantía del fabricante serán transferidos al usuario.

6.1.3 Criterios según THERMIE-B

Obligatorios

Debe haber protección contra descargas profundas.

La “tensión de desconexión de carga" debe corresponder al valor máximo de la profundidad de descarga, precisamente para una corriente de descarga, expresada en amperios, igual al consumo diario, expresado en amperios-hora, dividido por 5.

Las tensiones de desconexión, reconexión y alarma deben tener una precisión de ±1% (±20 mV/celda, o ±120 mV/batería de 12 V) y permanecer constantes en todo el rango de posible variación de la temperatura ambiente.

La “tensión de fin de carga” debe estar en el rango de 2,3 a 2,4 V/celda, a 25°C.

En los controladores “on-off”, la “tensión de reposición” debe estar en el rango de 2,15 a 2,2 V/celda, a 25°C.

La “tensión de fin de carga” y la “tensión de reposición” mencionados más arriba deben corregirse por temperatura a razón de -4 a -5 mV/°C/celda. (Esta especificación debe ser obligatoria solamente si se espera que las temperaturas ambientes [interiores] en las cercanías del controlador varíen significativamente a lo largo del año, más que ±10°C. En caso contrario el circuito de compensación de temperatura no es realmente necesario).

Las tensiones de "fin de carga" y "reposición" deben tener una precisión del 1% (±20mV/celda, o ± 120mV para 12 V batería).

Si se utilizan relés electromecánicos, la reposición de la carga debe retardarse entre 1 y 5 minutos.

Todos los terminales del regulador deben poder acomodar fácilmente cables de, al menos, 4 mm^2 de sección.

Las caídas internas de tensión del regulador, entre los terminales de la batería y los del generador, deben ser inferiores al 4% de la tensión nominal (≤0.5 V para 12 V), en las peores condiciones de operación, es decir, con todas las cargas apagadas y con la máxima corriente procedente del generador fotovoltaico.

Las caídas internas de tensión del regulador, entre los terminales de la batería y los del consumo, deben ser inferiores al 4% del voltaje nominal. (≅0.5 V para 12 V) en las peores condiciones de operación, es decir, con todas las cargas encendidas y sin corriente alguna procedente del generador fotovoltaico.

Se debe evitar la sobrecarga de las baterías SLI de “bajo mantenimiento”.

Deben proveerse protecciones contra corrientes inversas.

El regulador de carga debe ser capaz de resistir cualquier situación posible de operación “sin batería”, cuando el generador fotovoltaico opera en condiciones estándar de medida, y con cualquier condición de carga permitida.

El regulador de carga debe también proteger a las cargas en cualquier situación posible de operación “sin batería”, limitando la tensión de salida a un máximo de 1.3 veces el valor nominal. (También se permite la total interrupción de la alimentación a las cargas).

El regulador de carga debe resistir sin daño la siguiente condición de operación: temperatura ambiente 45°C, corriente de carga 25% superior a la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico en las condiciones estándar de medida, y corriente de descarga 25% superior a la correspondiente a todas las cargas encendidas y la tensión nominal de operación.

Las cajas de los reguladores de carga deben como mínimo proveer protección IP 32, según las normas IEC 529 o DIN 40050.

El regulador de carga no debe producir interferencias en las radiofrecuencias en ninguna condición de operación.

El consumo energético parásito diario del regulador de carga en condiciones normales de operación (es decir, generador fotovoltaico y cargas conectadas y pulsador (si existe) no presionado, no debe exceder del 3% del consumo diario previsto en el diseño.

Cuando las cargas puedan ser utilizadas sin restricciones, porque el estado de carga de la batería es suficientemente elevado, se indicará con una señal de color verde.

Cuando las cargas hayan sido desconectadas de la batería, porque el estado de carga es excesivamente bajo, se indicará con una señal de color rojo.

Recomendados

La “tensión de reconexión de carga” debe ser 0.08 V/celda (ó 0.5 V para 12 V) superior a la “tensión de desconexión de carga”.

Deben incluirse elementos de señalización y alarma previos a la desconexión.

La “tensión de alarma” (estado de carga bajo) debe ser 0.2V (para sistemas de 12V) superior a la tensión de desconexión del consumo.

La desconexión de la carga debe retardarse entre 3 y 30 segundos desde que se alcanza la “tensión de desconexión de carga”.

La “tensión de fin de carga" debe corresponder a un factor de recarga entre 0.95 y 1, cuando la carga se realiza precisamente a una corriente constante igual a la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico, en condiciones estándar de medida.

El regulador de carga debe permitir la carga de la batería desde el generador fotovoltaico con cualquier tensión mayor que 1.5 V/celda.

Las cajas de los reguladores de carga deben proveer protección IP 54, de acuerdo con IEC 529 o DIN 40050.

El regulador de carga debe estar protegido contra polaridad inversa tanto en la línea del generador como en la de la batería. Pueden utilizarse combinaciones diodos-fusibles u otra solución.

El regulador de carga debe estar protegido contra sobretensiones por medio de un supresor de sobrevoltajes de 1000 W o mayor, instalado entre ambos polos (+ y -) de la salida correspondiente a las cargas.

El consumo energético parásito diario del regulador de carga en condiciones normales de operación (es decir, generador fotovoltaico y cargas conectadas y pulsador (si existe) no presionado, no debe exceder del 1% del consumo diario previsto en el diseño.

La situación de riesgo de que se interrumpa el suministro de electricidad a las cargas, porque el estado de carga de la batería ha descendido hasta el nivel de alarma, se indicará con una señal de color amarillo.

Sugeridos

El regulador de carga puede incluir una línea independiente para el sensor de tensión de batería.

Las sobrecargas controladas deben efectuarse a una tensión constante de 2.5 V/celda. Las sobrecargas deben efectuarse después de cada descarga profunda y/o a cada intervalo de 14 días. La sobrecarga debe durar entre 1 y 5 horas.

Debe ser posible la interrupción manual de la sobrecarga.

Los umbrales superior e inferior de la sobrecarga controlada deben ser, respectivamente, 2,5 y 2,25 V/celda.

La inhibición manual de la protección contra descargas profundas no está permitida.

Se permite la activación manual de las señales de estado de carga.

El usuario puede ser alertado de que el estado de carga de la batería alcanzó el nivel de alarma mediante una desconexión automática de las cargas, que pueda ser repuesta manualmente.

6.1.4 Criterios según Universidad de Madrid

Se definen las principales características del controlador de batería: tipo (derivador, series), control (on-off, PWM, dos estados), dispositivo de conexión (repetidor electro-mecánico, dispositivo de estado sólido).

Será necesario comprobar que el controlador de batería cumpla con los siguientes requisitos y verificaciones:

- Todos los terminales del regulador de carga tendrán cabida para cables de, al menos, 4 mm2 de sección (norma CR9)
- Se incluirán sistemas de alarma (norma RR2, RR12, RR20 y CR21)
- Se valorará la inclusión de una línea de sensor de tensión de batería independiente (norma SR1)
- Compruébese si existe dispositivo manual de desconexión o reconexión (norma SR3)
- Los controladores de carga deberán estar correctamente etiquetados (norma CS2)
- Compruébese si los fusibles de protección son de tipo estándar (fusibles de auto, por ejemplo) (norma RS6).